

TITRES DE M. MAREY

Interne des hôpitaux, 1854-58.

Docteur en médecine, 1859.

Lauréat de l'Institut :

Mention honorable (prix Montyon), 1860.

Prix de physiologie, 1862, en commun avec M. Chauveau.

Prix de médecine, 1864, pour un ouvrage ayant pour titre : *Physiologie médicale de la circulation du sang.*

Prix de médecine, 1866, pour une série de mémoires sur la physiologie du système musculaire.

Lauréat de la Faculté de médecine :

Prix Barbier, 1863, pour l'invention du sphymographe.

Prix Barbier, 1865, pour l'invention du cardiographe et d'un appareil enregistreur des mouvements respiratoires.

Lauréat de l'Académie des sciences de Caen, 1862. (Mention honorable) pour un mémoire sur cette question mise au concours : *De la chaleur animale.*

ENSEIGNEMENT.

1860. Cours libre de physiologie expérimentale (dans l'amphithéâtre particulier du docteur Robin).

1861. Cours libre à l'École pratique de la Faculté de médecine sur la physiologie de la circulation du sang et le diagnostic des maladies du cœur et des vaisseaux.

1864. Création d'un laboratoire de physiologie (14, rue de l'ancienne-Comédie).

1865. Cours libre dans ce laboratoire (semestre d'été).

Quelques-unes des leçons ont été publiées par la *Revue des cours scientifiques*, 1866.-1867.

Conférences sur le mouvement chez les animaux (Soirées scientifiques de la Sorbonne).

1867. Nommé professeur suppléant au Collège de France, en remplacement de M. le professeur Flourens. (Chaire d'histoire naturelle des corps organisés.)

1868. Maintenu comme suppléant de ladite chaire.

SOCIÉTÉS SAVANTES.

Membre de la Société anatomique.

Membre et ancien vice-président de la Société de biologie.

Membre de la Société philomathique.

Membre correspondant de l'Académie royale de médecine de Bruxelles.

Membre associé de l'Académie des sciences et belles-lettres de Caen.

Membre de la Société des sciences naturelles de Halle (Saxe).

AVANT-PROPOS.

La plupart des progrès réalisés dans les sciences expérimentales comme dans les sciences d'observation pure sont dus aux perfectionnements des méthodes et des instruments employés. Cette vérité, si bien comprise par les physiciens, les astronomes, les météorologistes, n'est pas moins frappante pour ceux qui travaillent à l'avancement de la physiologie.

La création d'un grand nombre de nouveaux appareils, l'extension de la *méthode graphique* en physiologie, sont l'origine de la plupart des découvertes qui seront signalées dans cette notice. L'auteur a cru indispensable de représenter par des figures la disposition de ses appareils et les graphiques qu'ils fournissent. S'il s'écarte en cela de la forme usitée dans de semblables notices, c'est que cette infraction à l'usage permet seule de rendre intelligibles les résultats qu'il a obtenus. Il ne fera du reste que suivre l'exemple donné par l'Académie des sciences, qui a toujours accepté dans ses *Comptes rendus* l'insertion des graphiques relatifs aux expériences de physiologie ou aux recherches de diagnostic médical.

Certains mouvements qui se produisent chez les animaux étaient souvent difficiles à soumettre à la méthode graphique; quant aux phénomènes qui ne sont pas des mouvements, ils semblaient ne pas se prêter à cette méthode. Mais l'importance qu'il y avait à ramener, autant que possible, les différents phénomènes de la vie à une expression uniforme, claire, exacte et constamment comparable, a soutenu les efforts de l'auteur; il a réussi, dans ces dernières années, à construire des appareils qui enregistrent les changements que produisent certaines influences dans la température et le poids des animaux. Indépendamment des moyens d'analyse plus parfaits qu'il a cherché à introduire en physiologie, l'auteur s'est en outre appliqué à contrôler constamment

les résultats qu'il a obtenus. Non-seulement il a vérifié l'exactitude de ses appareils en les soumettant à de nouvelles épreuves, mais il a cherché à contrôler par une *synthèse* expérimentale les résultats de ses expériences. A cet effet il a construit des *schéma*, appareils qui réunissent les conditions physiques ou mécaniques auxquelles il attribuait la production de certains phénomènes, et il a réussi à reproduire ceux-ci d'une manière artificielle.

Les premiers travaux de l'auteur datent de l'année 1854, ses premières publications de 1857; depuis lors, il s'est constamment adonné à la physiologie expérimentale sans négliger les applications de cette science aux progrès de la médecine. Il a toujours eu pour principe de suivre un même sujet aussi loin qu'il a pu le faire, pensant qu'il était plus utile de creuser profondément certaines questions que d'en effleurer un grand nombre.

Toutefois, l'intime solidarité des différentes fonctions de la vie a forcé l'auteur à étendre sans cesse le cadre de ses recherches.

Ainsi, de la *circulation du sang* il a été conduit à l'étude de la *chaleur animale* et de la *respiration*; les *mouvements du cœur* l'ont entraîné à des expériences sur la *fonction musculaire* en général, sur l'*action nerveuse* et sur les *phénomènes électriques* qui provoquent ou accompagnent le mouvement chez les animaux. Enfin l'étude de la production du *mouvement* a nécessité de nombreuses recherches sur l'*action des poisons* qui atteignent spécialement les nerfs ou les muscles, et des *études comparatives* de la fonction de motricité dans les différents types de la série animale.

Cette marche suivie dans la recherche a donné aux publications de l'auteur un enchaînement naturel, de sorte que ses travaux, exposés à peu près par ordre de dates, se trouveront présentés de la manière la plus favorable pour faire saisir l'évolution de l'idée générale qui a présidé à leur développement.

L'intérêt qui s'attache à ces études semble pouvoir se mesurer à l'accueil favorable que le public scientifique leur a fait, à l'empresse-

ment qu'il a mis à en contrôler les résultats, enfin à l'adoption si générale de la méthode et des instruments de l'auteur. Aujourd'hui, dans un grand nombre de laboratoires et d'hôpitaux de tous les pays, ces nouveaux appareils fonctionnent et provoquent des recherches dont l'importance s'accroît sans cesse; ainsi que le montrera une liste bibliographique placée à la fin de cette notice.

I. — *Recherches sur la circulation du sang.*

(*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLVI, n° 10, mars, p. 483.)

Expériences d'hydraulique destinées à éclairer les phénomènes physiques de la circulation du sang. Première réfutation de cette erreur accréditée en physiologie, que l'élasticité des artères ne fait que régulariser le cours du sang, mais n'influe pas sur la quantité de liquide que le cœur pourra mettre en mouvement.

II. — *Recherches sur la circulation sanguine.*

(*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLVI, n° 14, 5 avril, p. 680.)

Étude des manifestations de la contractilité vasculaire que chacun peut obtenir sur lui-même, d'après la coloration que prend la peau sous l'influence de frottements plus ou moins forts. Une légère excitation amène la pâleur et fait paraître sur la peau une ligne blanche au bout de trente à quarante secondes, en provoquant la contraction des vaisseaux. Une excitation forte épuise la contractilité des vaisseaux et produit la rougeur. Application de ces idées à la pathologie; explication des congestions par l'épuisement de la contractilité vasculaire.

III. — *Recherches sur la circulation sanguine.*

(*Gazette médicale de Paris*, 1857, n° 27 et 40.)

Réfutation de l'opinion émise par M. Poiseuille, qui annonçait qu'il y a égalité de pression du sang dans toutes les artères.

Premières tentatives de sphygmographie pour étudier la propagation du mouvement du sang dans les artères.

L'auteur combat l'idée de l'*activité* dans l'inflammation et dans l'état de chaleur qui suit l'application du froid.

IV. — *Recherches hydrauliques sur la circulation du sang.*

(*Annales des sciences naturelles*, 4^e série, Zool., t. VIII, p. 329 à 364, avec planche.)

Dans ce mémoire, l'auteur, étudiant les phénomènes physiques de la circulation du sang, démontre, en s'appuyant sur des expériences d'hydraulique, les propositions suivantes :

1° L'élasticité des artères a pour effet de diminuer les résistances que le cœur éprouve à chasser son onnée sanguine à chacune de ses systoles. (Cette idée avait été émise déjà théoriquement dans la note n° I lue à l'Institut.)

2° Chez les vieillards la perte de l'élasticité des artères constitue un obstacle à l'action du cœur, et c'est elle qui, à la manière de tout obstacle au passage du sang dans les artères, entraîne l'hypertrophie du ventricule gauche.

3° Le plus grand obstacle au cours du sang est dans les petits vaisseaux; c'est ce qui explique la faible inégalité de la pression du sang dans les artères plus ou moins éloignées du cœur.

4° Indication du mécanisme des différentes formes de la *locomotion* artérielle.

5° Mécanisme de la production du pouls et conditions dans lesquelles ce phénomène est plus ou moins facilement perceptible.

6° Explication du mécanisme par lequel les anévrysmes atténuent ou suppriment le pouls dans l'artère, au-dessous de la tumeur. — Expérience montrant qu'une ampoule élastique placée sur le trajet d'un tube dans lequel on pousse un liquide par afflux intermittents, reproduit exactement le même phénomène.

7 Enfin l'auteur propose un nouveau manomètre qu'il nomme *manomètre compensateur*, et donne la théorie de cet appareil qui fournit dans un vaisseau l'indication de la pression moyenne du sang et ne présente pas d'oscillations sous l'influence des saccades que produit l'action intermittente du cœur.

(Ce mémoire et celui qui est cité sous le n° VI ont obtenu une mention honorable à l'Académie des sciences.)

V. *Interprétation hydraulique du pouls dicrote.*

(*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLVII, nov. 1858, p. 826-827.)

Le pouls *dicrote*, ou *bis feriens*, était considéré par certains auteurs comme produit par une double contraction du cœur; d'autres l'attribuaient à une contraction artérielle qui suivait celle du ventricule.

Ce travail établit :

1° Que le redoublement de la pulsation tient à une double oscillation de la colonne sanguine dans le système artériel;

2° Qu'on peut provoquer un phénomène entièrement semblable dans un système de tubes élastiques;

3° Que le pouls *dicrote* annonce que la pression du sang dans les artères est peu élevée.

VI. *Mémoire sur la contractilité vasculaire* (1).

(*Annales des sciences naturelles*, 4^e série, Zool., t. IX, p. 53-88.)

Ce mémoire date d'une époque où la contractilité vasculaire et l'action du système nerveux *vaso-moteur*, récemment démontrées par la mémorable expérience de M. Cl. Bernard, donnaient lieu à de vives discussions. Aujourd'hui, après plus de dix années pendant lesquelles

(1) Ce travail a été traduit en entier l'année suivante dans *New Orleans med. Gazette*.

un grand nombre de travaux ont été publiés sur cet important sujet, l'auteur ne trouve rien à retrancher de ce travail, dans lequel il a cherché à établir les propositions suivantes :

1. La contraction des vaisseaux constitue une force antagoniste de la pression du sang. En rétrécissant le diamètre des petits vaisseaux, elle crée une résistance au cours du sang et le ralentit ; l'inverse se produit par le relâchement vasculaire.

2. La contraction artérielle contre-balance aussi les influences de la pesanteur sur la pression du sang : elle devient plus énergique dans les vaisseaux des parties déclives, elle est plus faible dans ceux des parties élevées du corps.

3. Il suffit de garder une même attitude horizontale ou verticale pendant quelques heures, pour que la contraction des vaisseaux se modifie et s'adapte à la pression du sang modifiée elle-même.

4. Certains accidents, la syncope par exemple, semblent produits, le plus souvent, par une rupture de l'équilibre entre la pression du sang et la contraction des vaisseaux.

5. Toute influence qui agit directement sur la contractilité vasculaire perd ses effets si elle est souvent répétée. Cette *accoutumance* aux stimulants est surtout remarquable chez les ouvriers occupés à certaines professions.

6. On peut facilement étudier sur soi-même l'influence des divers agents sur la contractilité des vaisseaux, et juger de l'effet produit d'après la coloration des téguments sur lesquels l'action a porté.

7. Presque tous les agents qui font contracter les vaisseaux et produisent la pâleur des téguments amènent au contraire un relâchement de ces vaisseaux d'où suit une rougeur plus ou moins vive, lorsqu'on les fait agir avec trop d'intensité.

8. Ce relâchement des vaisseaux par les excitants trop forts paraît

devoir s'expliquer par l'épuisement ou la *fatigue* de la contractilité vasculaire.

9. Les congestions et inflammations semblent être les effets d'un épuisement de la contractilité vasculaire.

10. Les fièvres seraient une généralisation du même épuisement.

(Ce travail a obtenu une mention honorable à l'Académie des sciences en 1860.)

VII. — *Recherches sur le pouls dicrote.*

(*Gazette médicale de Paris*, 1859, n° 30.)

Développement des faits signalés dans la note n° V. — Erreur dans le trajet assigné à l'oscillation du liquide dans les vaisseaux; cette erreur sera rectifiée plus tard (voy. n° XXXII).

VIII. — *Des causes d'erreur dans l'emploi des instruments qui servent à mesurer la pression sanguine et des moyens de les éviter.*

(*Gazette médicale de Paris*, 1859, n° 30.)

L'auteur montre que le mouvement de la colonne d'un manomètre à mercure n'exprime pas du tout les variations de la pression du sang dans l'artère à laquelle l'instrument est appliqué; que les *maxima*, les *minima* et même les *moyennes* fournis par ces instruments sont faux.

Description du sphygmographe de Vierordt; indication des défauts de cet instrument; premières modifications apportées par l'auteur à sa construction.

IX. — *Recherches sur la circulation du sang à l'état sain et dans les maladies.*

(Thèse inaugurale pour le doctorat en médecine, soutenue le 4 mars 1859. In-4°, 119 pages.)

Cette thèse se divise en trois parties.

LA PREMIÈRE PARTIE, relative aux phénomènes physiques de la circu-

lation, reproduit plusieurs faits signalés dans les publications antérieures. On y trouve aussi une détermination plus précise de la transformation de la pulsation dans les artères à mesure que celles-ci sont plus éloignées du cœur.

Cette transformation était appréciée au moyen d'un appareil imitant les conditions physiques de la circulation. C'est le premier *schéma* de la circulation que l'auteur ait essayé de construire. La figure 1 représente cet appareil.

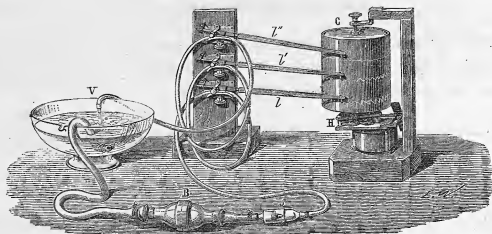


FIG. 1.

Une boule B de caoutchouc fonctionne à la manière du cœur. Quand on la comprime dans la main, elle lance du liquide dans un long tube élastique; quand on la relâche, elle aspire le liquide du vase V dans lequel il revient après avoir traversé tout le tube, de sorte qu'il se produit dans celui-ci une circulation continue.

Trois leviers de sphygmographe à *pression élastique*, *l l l'*, appuient sur trois points du tube inégalement éloignés de l'orifice d'entrée du liquide. Ces trois leviers enregistrent simultanément chacune des pulsations qui se produisent dans les trois points du tube, et comme leurs pointes sont situées sur une même verticale, on peut juger par la superposition plus ou moins parfaite des graphiques du synchronisme ou de la succession des mouvements. Cette méthode sera utilisée plus tard dans un grand nombre de cas.

On voit avec cet appareil :

1° Que l'afflux intermittent du liquide fourni par la boule B se transforme, à l'orifice de terminaison du tube, en un écoulement continu.

2° En comparant les tracés du pouls dans les trois points du tube, on voit que la pulsation s'éteint peu à peu à mesure qu'on l'observe plus loin de l'entrée.

3° Que la forme du pouls change d'un point à un autre, et que dans les points éloignés de l'entrée, l'ascension devient lente et l'amplitude faiblit.

4° Que le retard du pouls dans les points éloignés du cœur est plus apparent que réel; qu'il porte plutôt sur le sommet de la courbe que sur son origine, phénomène qui tient à la transformation signalée plus haut.

5° Que la force du pouls (amplitude du graphique) varie en chaque point du tube, non pas seulement avec la force impulsive développée par la boule B, mais qu'elle change aussi lorsqu'on fait varier l'orifice d'écoulement qui termine le tube.

6° Qu'il est vrai, suivant l'idée émise par Beau, que le pouls présente un caractère de brusquerie particulier chez les sujets dont les vaisseaux, légèrement comprimés, donnent naissance au phénomène de *bruit de souffle* (1).

La SECONDE PARTIE développe plus complètement les idées déjà émises par l'auteur sur la contractilité vasculaire et son rôle de régulateur du mouvement du sang.

Explication des effets du relâchement des vaisseaux sur la *tempéra-*

(1) Tous ces phénomènes ont pu être retrouvés par l'auteur dans les expériences qu'il a faites plus tard sur les animaux.

ture, preuve que cet effet n'a lieu que sur les organes soumis à une cause de refroidissement. (J. Hunter avait déjà signalé le même fait à propos de la température des parties enflammées, mais il n'en avait pas donné l'explication.) L'auteur cherche à démontrer que la contraction ou le relâchement des vaisseaux modifient la température des organes en faisant passer plus ou moins abondamment le sang dont la température est élevée à travers des organes qui, d'autre part, tendent plus ou moins à se refroidir. De là résulte que la température des parties ainsi échauffées par l'accélération du cours du sang ne s'élève jamais au-dessus de celle du sang dans le cœur gauche, c'est-à-dire du liquide qui leur apportera sa chaleur. La production de chaleur semble peu modifiée par ce changement de vitesse du cours du sang.

Il existe des changements continuels du *volume* de nos organes sous l'influence de la contraction ou du relâchement de leurs vaisseaux. Ces changements sont surtout perceptibles et mesurables aux extrémités des membres : aux mains et aux pieds.

Signification des différentes colorations de la peau : rouge, violacée, pâle, etc., au point de vue de l'état de la circulation capillaire.

La TROISIÈME PARTIE renferme les applications des notions précédentes à la pathologie.

Nous citerons textuellement les conclusions de cette dernière partie :

« L'état de plus ou moins forte contraction des petits vaisseaux se traduit dans les maladies par deux états opposés :

» La contraction trop forte par l'état *algide* ;

» La contraction trop faible par la *fièvre* ou la congestion locale.

» Dans chacun de ces états pathologiques s'observent les signes que nous avons donnés physiologiquement de l'état de contraction ou de dilatation vasculaire, soit du côté des tissus, température, couleur, volume, soit du côté de la tension artérielle dont l'élévation ou l'abaissement nous sont révélés par les caractères du pouls et des bruits de souffle vasculaires.

» De même que dans les expériences physiologiques, on voit en pathologie la contraction des vaisseaux suivie de relâchement, l'algidité suivie de fièvre (ce qui a été appelé à tort *période de réaction*).

» L'inflammation, dans la première période, est un état congestif dû à l'atonie vasculaire; toutes les causes de l'inflammation s'expliquent par la théorie de l'*épuisement* suite d'une excitation trop forte.

» Les théories anciennes, transmises par tradition, ont amené les médecins à admettre dans l'inflammation une activité locale, une force inflammatoire; mais la physiologie nous montre que dans une partie enflammée il n'y a que débilité des vaisseaux. Ces théories anciennes ne doivent pas du reste arrêter les idées nouvelles, car les premières remontent à une époque où l'on ne connaissait rien de la circulation du sang.

» La théorie nouvelle, basée sur les expériences physiologiques modernes, offre de grands avantages pour expliquer sur plusieurs points la marche des inflammations : ainsi la tendance des phlegmons à s'ouvrir à l'extérieur; le mécanisme de l'étranglement inflammatoire; la tendance spontanée des congestions à se résoudre au bout d'un certain temps; l'action curative de la plupart des traitements antiphlogistiques chirurgicaux ou médicaux.

X. — *Du pouls et des bruits vasculaires.*

(*Journal de l'anatomie et de la physiologie*, t. II, p. 259-280 et 420-447.)

Dans ce mémoire sont relatées diverses expériences d'hydrodynamique destinées à éclairer le mécanisme de la circulation du sang. Quelques-unes des variétés que peut présenter le pouls sont reproduites artificiellement.

Le principe de la construction du *sphygmographe* à pression élastique et à levier léger est exposé dans ce travail; une ébauche encore grossière de cet instrument permet de constater comment les caractères du pouls se modifient sous différentes influences.

Démonstration de ce fait que la force du pouls varie, à égale impulsion du cœur, en sens inverse de la pression artérielle. Explication de la force considérable du pouls dans l'*insuffisance aortique*. — Ce caractère est dû à la faible pression du sang dans les artères à cause du reflux qui se fait alors dans les ventricules. On peut le reproduire artificiellement sur un appareil schématique ou sur des animaux auxquels on perfore les valvules sigmoïdes de l'aorte.

Quelques recherches expérimentales sur la production artificielle des *bruits de souffle*.

Explication physique des bruits de souffle dans les anévrysmes, démonstration du rôle de l'élasticité. Reproduction schématique de ces phénomènes.

XI. — *Du sphymographe.*

(*Journal l'Institut*, mars 1860.)

Description d'un appareil imaginé par l'auteur pour obtenir une expression graphique exacte des caractères du pouls.

La figure 2 montre le sphymographe appliqué sur l'artère radiale.

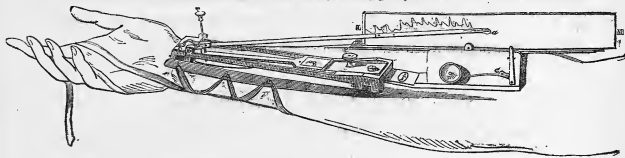


FIG. 2. — *Sphymographe appliqué sur le poignet.*

Les figures 3, 4, 5, 6, représentent quelques types variés des formes du pouls.



FIG. 3. — *Ossification sénile des artères, insuffisance aortique.*



FIG. 4. — Fièvre typhoïde.



FIG. 5. — Rythme redoublé des battements du cœur.



FIG. 6. — Bronchite asphyxiante.

XII. — *Recherches sur l'état de la circulation, d'après les caractères du pouls.*

(Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie, 1860, n° 25.)

Comparaison des appareils précédemment employés avec celui que l'auteur propose.

Indication des défauts des anciens instruments.

Manière d'appliquer le sphygmographe ; signification de quelques formes du pouls obtenues graphiquement.

XIII. — *Recherches sur le pouls au moyen d'un nouvel appareil enregistreur, le sphygmographe.*

(Gazette médicale de Paris, 1860, nos 15, 16, 19.)

XIV. — *Recherches sur l'état de la circulation du sang, d'après les caractères du pouls fournis par un nouveau sphygmographe.*

(Journal de la physiologie de l'homme et des animaux, 1860, p. 241-274, avec 15 figures.)

PREMIÈRE PARTIE. — *Première tentative de classification des différentes formes de pouls.*

Nouvelles expériences pour la reproduction artificielle des caractères du pouls.

Preuve expérimentale de ce double fait que l'amplitude du pouls

et son dirotisme vont en diminuant si la pression du sang s'élève dans les artères.

DEUXIÈME PARTIE. — *Applications de l'étude de la forme du pouls à la physiologie.*

L'extrême sensibilité de l'instrument permet de saisir des différences marquées de la forme du pouls sous certaines influences physiologiques qui seront énumérées ci-dessous.

La théorie mécanique de ces influences est presque toujours indiquée dans ce mémoire; souvent le phénomène que l'auteur interprète est reproduit par lui au moyen d'expériences d'hydrodynamique.

1° Influence de l'attitude sur la tension artérielle et conséquemment sur le pouls.

2° Influence de la compression d'une ou de plusieurs artères volumineuses sur la tension artérielle et consécutivement sur la forme du pouls.

3° Influence du chaud et du froid sur le calibre des vaisseaux capillaires; effets consécutifs sur la tension artérielle; modifications correspondantes du pouls.

4° Influence des mouvements respiratoires sur la tension artérielle et la forme du pouls. Reproductions physiques de phénomènes analoges.

5° Effets de la contraction musculaire sur la tension artérielle et la forme du pouls.

6° Influence de la gymnastique et du repos prolongé sur la tension artérielle et la forme du pouls.

7° Effets de l'état de digestion sur la tension artérielle et sur la forme du pouls.

TROISIÈME PARTIE. — *Rapports de la fréquence du pouls avec la tension artérielle.*

L'auteur est conduit par des expériences à considérer le cœur comme

un moteur disposant sensiblement d'une force constante, et à trouver la cause de l'accélération ou du ralentissement des battements du cœur dans la variabilité des résistances qui s'opposent à l'action ventriculaire. Il arrive à la conclusion suivante :

Toutes choses égales du côté de l'innervation et de la force du cœur, la fréquence des battements de cet organe est en raison inverse de la tension artérielle.

A l'appui de cette proposition sont rassemblés des expériences nouvelles ou des faits anciennement connus qui prouvent que toute influence n'agissant pas directement sur le cœur et produisant une modification de la fréquence de ses battements, amène d'abord un changement dans la tension artérielle; et que ce changement, à son tour, réagit sur le cœur. Voici les faits invoqués par l'auteur :

1° Influence de la saignée sur la tension artérielle, et par suite sur la fréquence des battements du cœur :

2° Influence de la pesanteur sur la tension artérielle et sur les battements du cœur.

3° Augmentation de la tension artérielle par la ligature d'une ou de plusieurs artères volumineuses. — Diminution consécutive des battements du cœur.

4° Influence de la chaleur sur les petits vaisseaux qu'elle relâche. — Abaissement consécutif de la tension artérielle; accélération des battements du cœur.

5° Influence du froid qui resserre les petits vaisseaux; élévation consécutive de la tension artérielle; ralentissement des battements du cœur.

A la fin de ce mémoire se trouve une ébauche de la *théorie physiologique de la fièvre*, qui se complétera dans des travaux ultérieurs : n^{os} XX, XXI, XXV.

XV. — *Variations physiologiques du pouls étudiées avec le sphygmographe.*

(Comptes rendus des séances de la Société de biologie pendant le mois de décembre 1860.)

L'effort d'expiration, la glotte étant fermée, modifie le pouls d'une manière très-prononcée.

Les effets mécaniques que la compression de l'air dans les poumons exerce sur le cours du sang dans les vaisseaux, sont interprétés dans ce travail. On y trouve aussi l'explication d'une infraction apparente à la loi des rapports de fréquence des battements du cœur avec la tension artérielle.

XVI. — *Recherches sur le pouls au moyen d'un nouvel appareil, le sphygmographe.*

(Comptes rendus, t. L, p. 635-687.)

XVII. — *Recherches nouvelles sur le pouls.*

(Archives générales de médecine, février 1861.)

Démonstration de la supériorité de la méthode nouvelle pour la distinction des nuances les plus délicates du pouls.

Figures représentant quelques-uns des types principaux avec indication des conditions cliniques dans lesquelles ils ont été recueillis.

XVIII. — *De l'emploi du sphygmographe dans le diagnostic des affections valvulaires du cœur et des anévrysmes des artères.*

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1860.)

Dans cette note sont représentées les formes du pouls qui correspondent aux quatre principaux types des altérations valvulaires du cœur gauche.

Voici ces types avec l'indication de la lésion qui les produit :



FIG. — 7. Insuffisance aortique.



Fig. 8. — Insuffisance mitrale.

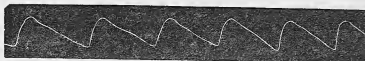


Fig. 9. — Rétrécissement aortique.



Fig. 10. — Rétrécissement mitral.

Les caractères du pouls au-dessous d'une tumeur anévrysmale sont représentés par le graphique suivant :



Fig. 11. — Tracé du pouls au-dessous d'un anévrysme.

Ce signe de l'anévrysme a permis dans des cas litigieux de porter un diagnostic exact et parfois d'instituer un traitement suivi de guérison (1).

XIX. — *Loi qui préside à la fréquence des battements du cœur.*

(*L'Institut*, août 1861, n° 1440, p. 270.)

Développement des idées émises dans le mémoire XIV, 3^e partie.

XX. — *Loi de la fréquence des battements du cœur.*

(*Comptes rendus*, 15 juillet 1861, p. 95.)

Avec cette loi et les principales conclusions tirées des précédents travaux sur la chaleur animale, on peut déjà construire la théorie physiologique de la fièvre dont tous les symptômes s'enchaînent, se rattachant à une cause commune : l'état de contraction ou de relâchement des petits vaisseaux.

(1) Voy. Broca, *Emploi du sphygmographe dans l'étude des tumeurs anévrysmales* (*Gazette des hôpitaux*, 1862.) — Voyez aussi Haynes Walton (*The Lancet*, 1866, p. 176).

CHALEUR ANIMALE.

XXI. — *De la chaleur animale.*

(Mémoire déposé en avril 1860, au secrétariat de l'Académie de Caen, et resté inédit.)

Un rapport de M. Roulland sur le concours du prix Le Sauvage, à Caen, 1862, cite, p. 80 à 95, quelques passages de ce travail, qui a obtenu une mention honorable suivie de l'envoi du diplôme de membre correspondant de l'Académie.

XXII. — *De quelques causes de variation dans la température animale.*

(Gazette médicale, 1860 ; Comptes rendus de la Société de biologie, p. 383.)

Interprétation physique des deux phénomènes suivants découverts par M. Cl. Bernard.

1° Après la ligature de l'aorte, la température s'élève dans les cavités splanchniques situées au-dessus de la ligature. L'explication proposée dans cette note est que la suppression du cours du sang dans les membres inférieurs supprime aussi la déperdition de chaleur qui en résulte normalement ; M. Bernard ayant montré que le sang des veines fémorales est plus froid que celui des artères correspondantes.

2° M. Bernard a montré que, dans certains cas, après la section du grand sympathique au cou d'un lapin, on voit non-seulement s'échauffer l'oreille correspondante au nerf coupé, mais se refroidir l'autre oreille. L'interprétation proposée est la suivante : comme chez le lapin, les deux carotides naissent d'un tronc commun, le passage plus facile du sang dans l'une des branches de bifurcation doit, par *érogation*, diminuer la quantité qui passe par l'autre. Comme preuve de ce fait on peut en comprimant et en relâchant tour à tour l'une des carotides, voir la température s'élever et s'abaisser dans l'oreille du côté opposé.

XXIII. — *Du thermographe, appareil enregistreur des températures.*

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1864, t. LIX, p. 459.)

Présentation d'un nouvel appareil permettant :

1° D'enregistrer l'intensité et la durée de tous les changements de température d'une partie quelconque du corps d'un animal ;

2° De traduire par deux ou plusieurs courbes rapportées à une même abscisse les variations de température de deux ou plusieurs points du corps d'un animal.

L'emploi de cet appareil permet de constater, dans certains cas, un *antagonisme* entre la température centrale et celle des parties périphériques, le refroidissement de ces dernières s'accompagnant alors de l'échauffement des centres et, réciproquement, l'échauffement de la périphérie abaissant la température centrale.

La théorie de ce phénomène se rattache à des considérations émises dans le Mémoire n° XXV, sur l'état de la température dans le choléra.

XXIV. — *Le thermographe.*

(Journal de l'anatomie et de la physiologie, 2^e année, 1865, p. 182-189.)

Description et figure de l'appareil. — Réglage de la sensibilité de l'instrument. — Thermographe différentiel. — Transformation de l'instrument en un *manomètre enregistreur* signalant les plus faibles changements de pression. (Voy. ci-après fig. 12.)

XXV. — *Essai de théorie physiologique du choléra.*

(Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie, 1865, nos 47 et 48.)

Dans ce travail, l'auteur montre la profonde analogie physiologique du choléra avec les affections à deux stades, l'un d'algidité, l'autre de chaleur ; avec certaines fièvres pernicieuses, par exemple, et certains

empoisonnements (tartre stibié, colchique, émétine, etc.). Il fait voir :

1° Qu'une élévation de la température centrale correspond à l'abais-

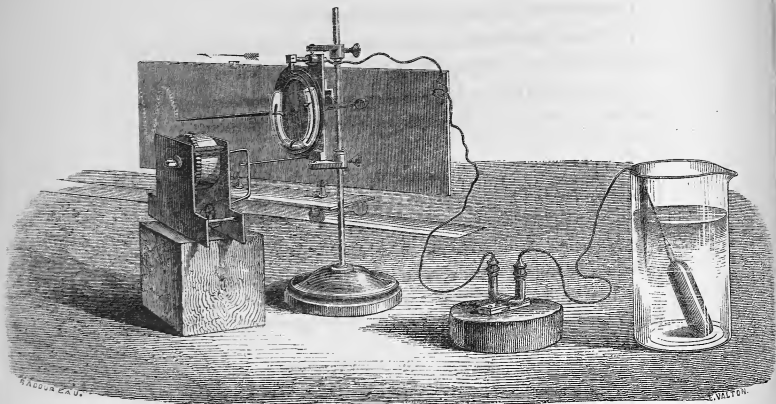


FIG. 12. — Le thermographe se compose d'une boule de thermomètre à air qui, dans la figure, est représentée plongeant dans un vase rempli d'eau dont la température varie. L'air chassé de la boule par suite de l'échauffement passe par un long tube capillaire de cuivre et se rend dans un tube demi-circulaire de verre fermé par l'une de ses extrémités. Ce dernier renferme à son milieu un index de mercure. Entre cet index et l'extrémité fermée du tube se trouve une chambre close, c'est à son intérieur qu'arrive l'air chassé du thermomètre. L'index du mercure est alors repoussé en arrière, mais comme le tube de verre est équilibré et pivote autour de son centre de courbure, le mercure, par son poids, reste toujours en bas, et c'est le tube et le disque qui le supporte qui tournent. Une longue aiguille fixée au disque trace la courbe de température sur une plaque de verre enfumée, qu'un mouvement d'horlogerie, fait marcher uniformément

sément maximum de la température périphérique dans l'algidité (fait signalé déjà par certains auteurs, mais dont la théorie n'avait pas été donnée) ;

2° Que dans le stade de chaleur (improprement nommé *réaction*), l'élévation de la température périphérique s'accompagne de diminution de la température centrale ;

3° Que tous les troubles circulatoires , intestinaux et respiratoires, se doivent rattacher à une influence commune du système nerveux grand sympathique ;

4° Que les caractères du pouls indiquent un obstacle au passage du sang dans les vaisseaux du poulmon, obstacle par suite duquel le cœur gauche ne reçoit du sang qu'en très-faible quantité.

Quelques-unes de ces idées ont été reprises et développées plus tard dans un travail du docteur Lorain (Études de médecine clinique et de physiologie pathologique : *Le choléra observé à l'hôpital Saint-Antoine*. Paris, 1868).

FONCTIONS DU CŒUR.

XXVI. — *Détermination graphique des rapports du choc du cœur avec les mouvements des oreillettes et des ventricules, obtenue à l'aide d'un appareil enregistreur (en commun avec M. Chauveau).*

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. LIII, p. 622.)

Des ampoules élastiques, pleines d'air, introduites dans les cavités du cœur, ou placées en contact avec l'extérieur de cet organe, étaient comprimées chacune, soit par la contraction de l'une des cavités du cœur, soit par son choc ou battement. Chaque ampoule, conjuguée par l'intermédiaire d'un long tube de caoutchouc avec une autre ampoule qui est extérieure, communique à celle-ci les impulsions. Enfin, un levier de sphygmographe, reposant sur cette dernière, reproduit, en les amplifiant, tous les soulèvements et tous les affaissements de l'ampoule extérieure qu'il enregistre à la manière ordinaire.

Lorsqu'il s'agit de déterminer la force, la durée et la succession de trois phénomènes différents, comme la contraction de l'oreillette, celle du ventricule et le choc du cœur, il faut employer trois leviers superposés, placés comme dans l'expérience (fig. 1).

L'application des appareils *cardiographiques* faite sur le cheval n'apporte aucun trouble à l'état physiologique de ces animaux.

C'est par la veine jugulaire ou la carotide qu'on introduit dans le cœur les ampoules destinées à transmettre les mouvements des ventricules et des oreillettes. L'ampoule qui reçoit les impulsions extérieures ou chocs est placée au niveau du cœur entre les deux muscles intercostaux.

Ces premières expériences cardiographiques, commencées à l'École vétérinaire d'Alfort en 1861, ont été continuées pendant trois années à différentes reprises soit à l'École vétérinaire de Lyon, soit à Paris ; elles ont donné lieu aux publications suivantes :

XXVII. — *Mémoire (lu à la Société de Biologie) sur la cardiographie* (en commun avec M. Chauveau).

(*Gazette médicale de Paris*, 1861 ; *Mémoires de la Société de biologie*, 3^e série, t. III, p. 3.)

XXVIII. — *Deuxième Mémoire sur la détermination graphique des rapports du choc du cœur avec les mouvements des oreillettes et des ventricules* (en commun avec M. Chauveau).

(*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LIV, p. 32) (1).

XXIX. — *De la force déployée par la contraction des différentes cavités du cœur* (en commun avec M. Chauveau).

(Communiqué à la Société de biologie en décembre 1862. — *Gazette médicale de Paris*, 1863, p. 169.)

Toutes les évaluations faites antérieurement avaient été tirées des indications d'un manomètre à mercure ; elles étaient toutes passibles de erreurs signalées dans la note n° VIII.

Les mesures comparatives nous ont donné sensiblement le rapport de 1 à 3 entre la force du ventricule droit et celle du gauche.

XXX. — *Appareils et expériences cardiographiques* (en commun avec M. Chauveau).

(Mémoire présenté à l'Académie de médecine en mars 1863, inséré aux *Mémoires de l'Académie* en 1863, t. XXVI, p. 268 à 319, 23 figures.)

(1) Une commission composée de MM. Flourens, Rayer, Bernard, Milne Edwards, rapporteur, assista aux expériences ; M. Milne Edwards, dans son *Rapport sur deux mémoires de MM. Chauveau et Marey, relatifs à l'étude des mouvements du cœur, à l'aide d'un appareil enregistreur* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LIV, p. 32), propose à l'Académie d'approuver ce travail et d'en ordonner l'insertion dans les mémoires des savants étrangers. Les conclusions de ce rapport sont adoptées. (Un prix de physiologie a été décerné aux auteurs de ces deux mémoires.)

XXXI. — *Tableau sommaire des appareils et expériences cardiographiques de MM. Chauveau et Marey.*

(Feuille in-plano, avec 9 figures.)

Les points principaux que ces expériences de cardiographie étaient destinées à élucider étaient les suivants :

1° Détermination de la succession des divers mouvements du cœur; caractères et rapports des mouvements de l'oreillette et du ventricule, ainsi que de la pulsation cardiaque ou choc du cœur.

2° Comparaison de la forme et de la durée des mouvements du cœur gauche avec ceux du cœur droit.

3° Rapports de la contraction ventriculaire avec la pulsation aortique.

4° Force statique développée par la contraction des différentes cavités du cœur.

Ces expériences, dans lesquelles une rigueur absolue était introduite dans l'étude des phénomènes physiologiques, provoquèrent à l'Académie une discussion (1) à la suite de laquelle M. Gavarret, rapporteur, proposa l'adoption des conclusions du mémoire. Ces conclusions furent adoptées par l'Académie.

XXXII. — *Physiologie médicale de la circulation du sang.*

(1 vol. in-8 de 560 pages, avec 235 figures dans le texte. Paris, Adrien Delahaye.)

Dans cet ouvrage, l'auteur cherche à appliquer tous ses travaux antérieurs à l'étude des maladies de l'appareil circulatoire. Il constate que le médecin ne peut se renseigner sur l'état de cette fonction que d'après les caractères du pouls, des battements du cœur, des bruits vasculaires, de la température et de la coloration des diffé-

(1) Onze discours furent prononcés dans cette discussion : trois par M. Gavarret, trois par M. Beau, deux par M. Bouillaud, un par MM. Bécclard, Parchappe et Barth.

rentes parties du corps; aussi est-il d'une extrême importance d'établir la signification de ces différents caractères.

Comme la circulation est intimement liée à la fonction respiratoire, l'auteur cherche à déterminer l'influence de la respiration sur la pression et le cours du sang. Il montre que les opinions contradictoires émises à ce sujet par Ludwig et par Vierordt sont conciliables, et que des effets opposés peuvent être produits par l'inspiration, suivant que l'air entre avec plus ou moins de facilité dans le poumon.

La théorie de la distribution de la chaleur sous l'influence de la circulation est exposée avec plus de détails que dans les travaux antérieurs; cette théorie, en effet, doit servir à éclairer la nature des affections fébriles.

Explication de la fixité à peu près complète de la température centrale du corps chez l'homme.

Interprétation de tous les changements dans les températures d'un point particulier.

Théorie de la fièvre, *stade de froid; stade de chaleur*.

Démonstration de ce fait que c'est l'état de contraction, puis de relâchement des petits vaisseaux, qui est la cause immédiate de tous les phénomènes qui caractérisent ces deux stades, à savoir : les changements dans la coloration et la température des organes superficiels; les changements dans la force et les caractères graphiques du pouls qui varient avec l'état de la tension artérielle, et enfin, consécutivement, les changements de fréquence des battements du cœur lui-même.

Les caractères diagnostiques des affections du cœur et des gros vaisseaux sont étudiés d'une manière plus complète que dans les publications antérieures. Il en est de même des bruits de souffle.

L'étude des lésions valvulaires du cœur est éclairée par des expériences de production traumatique de ces lésions sur des animaux, d'autres fois par des imitations tout artificielles de ces mêmes lésions au moyen d'appareils schématiques analogues à ceux qui ont servi à l'étude des phénomènes normaux.

L'auteur s'est attaché dans cet ouvrage à combattre l'erreur commune qui tend à éloigner la physique de la médecine et à faire de cette dernière une science à part, ayant ses procédés et ses moyens d'investigation spéciaux. Déjà l'auscultation, la percussion, l'anatomie micrographique, la chimie physiologique, les expériences de thermométrie faites sur les animaux et sur l'homme, ont envahi le domaine de la médecine pure et ont apporté au diagnostic des maladies des moyens nouveaux et précieux. En fournissant aux médecins les moyens de contrôler mécaniquement les perceptions de leurs sens par rapport aux maladies de la circulation, en leur donnant l'exemple d'une reproduction schématique des principaux phénomènes physiologiques ou morbides de cette fonction, et en mettant à leur disposition un appareil enregistreur qui remplace le tact faillible par des tracés graphiques d'une sincérité et d'une vérité irrécusables, l'auteur croit avoir servi aux progrès de la médecine scientifique (1).

(1) L'Académie des sciences a décerné à l'auteur de cet ouvrage un prix de médecine, 1864.

CARDIOGRAPHIE APPLIQUÉE A L'HOMME.

XXXIII. — *Études physiologiques sur les caractères du battement du cœur et les conditions qui le modifient.*

(*Journal de l'anatomie et de la physiologie*, 1865, t. II, p. 276.)

Les expériences faites sur les grands animaux montraient avec une extrême précision les détails de la fonction du cœur, même *d'après le seul tracé du choc de cet organe* ; mais pour obtenir ce tracé, il fallait une vivisection. Il était important de chercher un appareil applicable sans mutilation et permettant d'introduire dans l'étude de la fonction du cœur de l'homme la précision que l'expérimentation physiologique avait atteinte.

Après diverses tentatives, la difficulté a été résolue. L'appareil suivant permet d'obtenir sur l'homme sain ou malade le graphique des mouvements du cœur avec les différents caractères que lui impriment les variations physiologiques ou les troubles de la fonction. (Voyez la figure 13 ci-après.)

XXXIV. — *Forme du battement du cœur suivant l'état de la fonction circulatoire dans la série animale.*

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1865, p. 181.)

Premières recherches de physiologie comparée instituées dans le laboratoire de M. Coste (à Concarneau), sur des animaux marins très-vivaces et d'espèces très-variées. Les résultats de ces recherches sont complétés dans le travail suivant.

XXXV. — *Sur la forme graphique des battements du cœur chez l'homme et chez les différentes espèces animales.*

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. LXI, n° 19.)

Ce travail montre d'après le tracé des mouvements du cœur recueillis sur les principaux types de la série animale :

1° Que la forme du battement du cœur se simplifie avec l'organe lui-même, et que très-complexe pour le tracé des *mammifères* et des

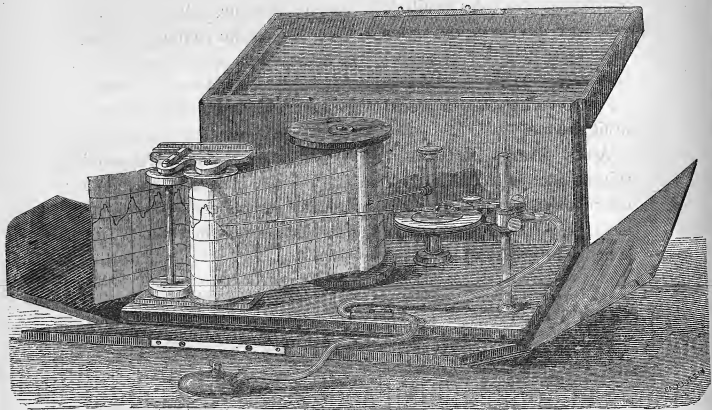


FIG. 13. — *Polygraphe*, appareil qui se prête au graphique d'un très-grand nombre de phénomènes. Le tracé s'écrit sur une bande de papier sans fin qu'un mouvement d'horlogerie déroule uniformément. Le levier est adapté à un tambour à air, comme dans les expériences de cardiographie faites sur les animaux (voy. nos XXVI à XXXI). Pour la cardiographie de l'homme, le tube de caoutchouc se termine par un appareil spécial : *explorateur des battements du cœur*. Le graphique normal du battement du cœur de l'homme est identique avec celui des grands mammifères. Il est représenté pl. I, fig. 14.

oiseaux, il l'est moins chez les *poissons* et les *reptiles*, moins encore chez les *crustacés* et que chez les *mollusques*, il se réduit à une ondulation simple.



FIG. 14 — Battement du cœur de l'homme tel qu'il se produit à l'état sain, lorsqu'on applique l'instrument contre les parois de la poitrine.

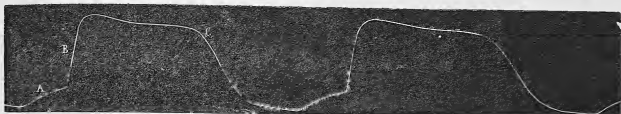


FIG. 15. — Battements du cœur de la *tortue terrestre* : A, systole de l'oreillette ; B, systole du ventricule.

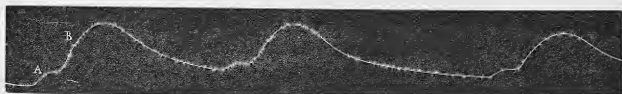


FIG. 16. — Battements du cœur de l'*anguille* : A, systole de l'oreillette ; B, systole du ventricule.

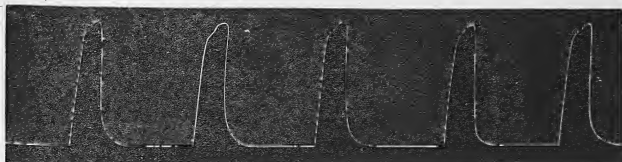


FIG. 17. — Battements du cœur d'un *crabe* : Systole de l'oreillette ; celle du ventricule se confond avec celle de l'oreillette qui l'enveloppe.

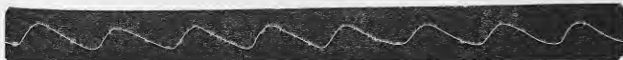


FIG. 18. — Battements du cœur d'un *mollusque* : Mouvement simple.

2° Que chez tous les animaux d'une même classe, le battement ne présente que des différences de force ou de fréquence, mais qu'il offre les mêmes détails.

3° Que toutes les complications qui s'observent dans le battement du cœur des *mammifères* ou des *oiseaux* dépendent de circonstances étrangères à la contraction du cœur lui-même, et qu'elles sont dues à des clôtures valvulaires, à des résistances passives ou à des afflux soudains du sang dans les cavités.

4° Enfin que tout cœur d'animal battant à vide ne donne plus qu'un mouvement simple, identique pour tous les animaux, et semblable à celui que le cœur si simple du *mollusque* présente dans les conditions de la fonction normale.

RESPIRATION.

XXXVI. — *Mémoire sur l'étude graphique des mouvements respiratoires.*

(Lu à la Société de biologie, le 22 juillet 1865. — *Comptes rendus*, p. 175.)

L'importance des variations de fréquence et de rythme des mouvements respiratoires, comme élément de diagnostic clinique, a présidé à ces recherches desquelles il résulte :

1° Que les mouvements respiratoires se comportent, sous l'influence des résistances au passage de l'air respiré, sensiblement comme les mouvements du cœur sous l'influence des résistances au passage du sang. C'est-à-dire que si le passage de l'air est difficile, les mouvements respiratoires se ralentissent et deviennent plus étendus.

2° Que si la respiration est gênée par une pression extérieure exercée sur la poitrine, la respiration s'accélère à mesure qu'elle perd de l'amplitude.

Les autres conditions qui modifient les mouvements respiratoires sont exposées dans le mémoire suivant.

XXXVII. — *Pneumographie. — Étude graphique des mouvements respiratoires et des influences qui les modifient.*

(*Journal de l'anatomie et de la physiologie*, 1865, p. 425.)

Il résulte de ces recherches que les mouvements respiratoires peuvent être représentés graphiquement avec leurs caractères, et que ceux-ci peuvent nous renseigner utilement sur certains phénomènes inaccessibles à nos sens (1).

(1) Le graphique de la respiration s'obtient au moyen d'une ceinture qui fait manœuvrer une sorte de petit soufflet sous l'influence des mouvements respiratoires. Cet appareil se met en communication par un tube de caoutchouc avec l'enregistreur représenté fig. 13.

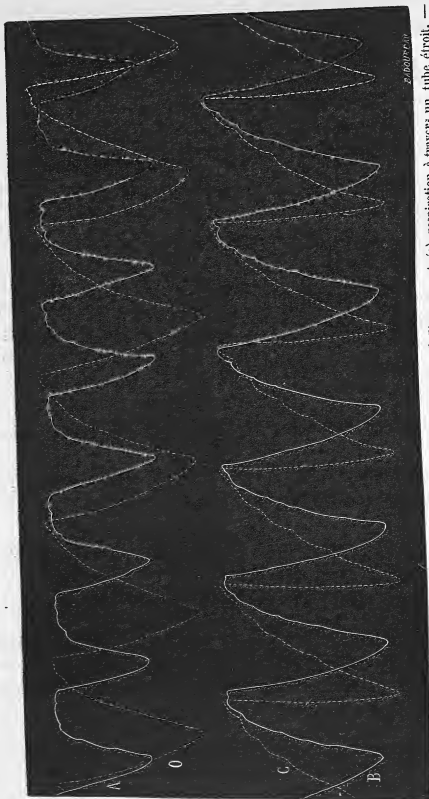


FIG. 19. — Courbe A (ligne pleine), tracé normal de la respiration. — Courbe O (ligne ponctuée), respiration à travers un tube étroit. — Courbe B (ligne pleine), obstacle de l'inspiration produit par une soupape qui ferme incomplètement le tube à travers lequel on respire. — Courbe C (lignéponctuée), obstacle à l'inspiration.

A peine ébauchée, cette étude physiologique permet d'espérer que de nouveaux symptômes cliniques pourront être tirés de la forme que présente la respiration. Ce n'est pas trop donner à l'hypothèse que de prévoir, dès aujourd'hui, que les modifications morbides de la contractilité pulmonaire influenceront le rythme des mouvements respiratoires, puisqu'elles doivent agir, dans un sens ou dans l'autre, comme obstacle à la respiration. Les faits acquis jusqu'ici sont purement physiologiques et peuvent se résumer dans les propositions suivantes :

1° Les mouvements du thorax et ceux de l'abdomen sont parfaitement parallèles entre eux à l'état normal, de sorte que si on les enregistre simultanément, ils fournissent le même tracé.

2° Les mouvements du thorax et de l'abdomen sont d'amplitude proportionnelle à la quantité d'air qu'ils mettent en mouvement.

3° On peut évaluer les volumes d'air respirés dans un temps donné d'après les amplitudes des mouvements respiratoires enregistrés graphiquement.

4° Il n'existe pas de rythme ni de fréquence normale de la respiration, mais on peut déterminer les influences qui modifient cette fréquence et ce rythme. L'auteur a étudié seulement l'influence des obstacles à la respiration. Voici comment ils agissent :

5° Si l'on respire par un tube étroit, on diminue la fréquence de la respiration, on augmente son amplitude, et l'on change son rythme en allongeant la période d'inspiration.

6° Si l'obstacle à la respiration n'existe que dans un sens, ce qui arrive lorsqu'on met une soupape dans le tube, on voit que cet obstacle allonge la période de la respiration pendant laquelle il agit.

7° Le rapport de fréquence des battements du cœur et des mouvements respiratoires est altéré lorsqu'il existe un obstacle au passage de l'air. Dans ces divers cas, en même temps que la respiration devient plus rare, les battements du cœur deviennent plus fréquents.

SYSTEME NERVEUX ET MUSCULAIRE.

XXXVIII. — *Nouvelles expériences pour déterminer la vitesse du courant nerveux.*

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, février 1866, p. 21.)

Helmholtz avait déjà déterminé cette vitesse qu'il évalue environ à 30 mètres par seconde. C'est par la méthode graphique que le physiologiste de Heidelberg était arrivé à la solution de ce problème. Mais cette expérience difficile à réaliser n'avait jamais été répétée, en France du moins; de plus, la mesure de cette vitesse se déduisant de la vitesse connue de la rotation d'un cylindre, on pouvait objecter à l'expérience de Helmholtz que ce dernier élément n'y était pas déterminé assez rigoureusement.

La modification de la méthode qui est exposée dans cette note consiste :

1° Dans la construction d'un appareil très-simple enregistrant sur un cylindre les signaux nécessaires à la mesure cherchée ;

2° Dans l'emploi du *diapason chronographe* à la manière de M. Duhamel et de Wertheim, pour mesurer les durées avec une approximation d'un millième de seconde au moins.

XXXIX. — *Nature de la contraction dans les muscles de la vie animale.*

(*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXII, n° 22, 28 mai 1866, p. 1171.)

Description d'un nouvel appareil, *pince myographique*, pouvant s'adapter aux muscles de l'homme et traduire tous leurs mouvements, d'après le gonflement extérieur qui accompagne toujours leur raccourcissement.

Distinction dans les muscles volontaires de deux sortes de mouvements provoqués :

- 1° La secousse, mouvement bref ;
- 2° La contraction formée de la fusion de plusieurs secousses.

XL. — *De la systole du cœur, considérée comme acte musculaire.*

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. LXIII, p. 41.)

Cette note a pour but de prouver que la systole du cœur ne correspond pas à une contraction, laquelle est un phénomène complexe (voy. n° XXXIX), mais à une secousse, c'est-à-dire au mouvement élémentaire.

La durée très-longue de la systole du cœur (vingt à trente fois plus longue que la secousse d'un muscle volontaire) n'exclut pas cette manière de voir, car chez certains animaux, la *tortue* par exemple, les muscles volontaires donnent une secousse au moins aussi longue.

Une preuve directe de la nature simple de la systole peut être tirée de ce fait, que le cœur d'un animal mis au contact du nerf d'une patte de grenouille ne provoque dans cette patte qu'une secousse très-brève.

XLI. — *Etudes graphiques sur la nature de la contraction musculaire.*

(Journal de l'anatomie et de la physiologie, mars 1866, p. 225-242 et 403-446.)

Ce travail a été institué au moyen de nouveaux appareils, *myographes*, introduits en physiologie par Helmholtz, mais modifiés par l'auteur afin d'enlever à leurs indications des erreurs dont il démontre l'existence.

Voici les conclusions qui terminent ce mémoire :

- 1° Quand les secousses se succèdent à des intervalles très-rapprochés, elles s'ajoutent les unes aux autres et produisent un raccourcisse-

ment du muscle beaucoup plus prononcé que ne l'eût fait chacune d'elle prise isolément.

2° Plus les secousses se succèdent rapidement, moins elles sont distinctes; à un certain degré de fréquence, elles ne sont plus perceptibles à la vue ni aux appareils enregistreurs. Le muscle est alors en contraction; il semble être immobile dans le raccourcissement.

3° Lorsque la contraction est obtenue, l'accroissement de la fréquence des excitations se borne à augmenter l'intensité de la contraction.

4° Il semble que les contractions volontaires soient constituées aussi par des secousses d'autant plus fréquentes que la contraction est plus énergique.

5° Helmholtz avait admis qu'il fallait *trente-deux* secousses par seconde pour produire la téτανisation d'un muscle, c'est-à-dire sa contraction proprement dite. — L'expérience montre qu'il n'est pas possible de fixer à cet égard un chiffre absolu. En effet, un muscle fatigué se contracte sous l'influence de secousses moins nombreuses; de plus, chez les différents animaux, le nombre de secousses nécessaires pour la contraction varie beaucoup.

6° Les muscles volontaires d'un même animal semblent différer entre eux au point de vue de leurs fonctions, mais les muscles de la vie organique se distinguent tout particulièrement en ce qu'ils ne paraissent pas susceptibles de *se contracter*, c'est-à-dire de produire des secousses multiples qui se fusionnent entre elles.

7° Tout muscle qui entre en action ne peut induire dans un autre que l'acte qu'il exécute lui-même. La secousse induit la secousse, la contraction induit la contraction.

8° Les muscles volontaires, étudiés sur diverses espèces animales, montrent tantôt des secousses très-lentes, comme chez la *tortue* et chez les *crustacés*, tantôt des secousses très-rapides, comme chez l'*oiseau*.

9° La contraction s'obtenant avec d'autant moins de secousses que celles-ci sont plus longues, il s'ensuit que la patte d'une *tortue* est presque contractée avec trois ou quatre secousses par seconde, tandis que les pectoraux d'un *oiseau* ne le sont pas encore avec soixante-quinze secousses dans le même temps.

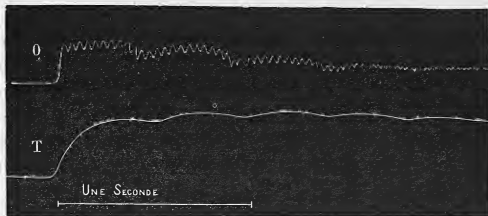


FIG. 20. — Graphique des secousses musculaires de l'oiseau, O, et de la tortue, T. On voit qu'il est possible de provoquer chez l'oiseau un très-grand nombre de secousses distinctes (70 par seconde), au moyen d'excitations électriques de fréquence croissante ; tandis que chez la tortue, on obtient la fusion presque complète des secousses si l'on en provoque trois ou quatre par seconde.

XLII. — COURS PUBLIC (1) sur la fonction des nerfs et des muscles.

(Sept leçons ont été publiées dans la *Revue des cours scientifiques*, n° 10, 12, 20, 21, 25, 33, 34, année 1866.)

Les faits nouveaux publiés dans ce cours sont développés et complétés dans le cours fait l'année suivante au Collège de France.

XLIII. — La physiologie dans ses rapports avec la science moderne.

(*Annuaire scientifique de Dehérain*, 1866.)

Dans cet article sont passés en revue les progrès des sciences obtenus par le perfectionnement des appareils. La tendance de la physiologie à

(1) Ce cours a été fait par M. Marey dans son laboratoire particulier, rue de l'Ancienne-Comédie, n° 14.

se rapprocher des sciences physiques est signalée, et la théorie de l'action musculaire est esquissée comme type de l'intervention de la mécanique dans les sciences naturelles. .

XLIV. — *Du mouvement dans les fonctions de la vie.*

(In-8° de 500 pages. Paris, 1867, Germer Baillière.)

Après un historique de la méthode graphique dans les sciences expérimentales et particulièrement en physiologie, et après un exposé de l'extension qu'il a donnée à cette méthode, l'auteur énumère les tentatives qu'il a faites d'après un autre ordre d'idées. Il s'agit du contrôle expérimental des théories déduites de l'analyse des phénomènes physiologiques et de la reproduction synthétique de certains phénomènes au moyen d'appareils schématiques.

Le *schéma* étant construit de façon à réunir les conditions mécaniques et physiques auxquelles on attribue théoriquement la production d'un phénomène physiologique, doit, si la théorie est vraie, reproduire ce même phénomène. Les principaux appareils décrits dans cet ouvrage sont les suivants :

1° *Schéma* de la circulation du sang avec les variétés du pouls, la locomotion artérielle, les bruits de souffle, les anévrysmes et leurs effets sur le pouls.

2° *Schéma* du choc du cœur et des bruits de cet organe.

3° *Schéma* des phénomènes mécaniques de la respiration ; du vide de la plèvre, etc.

4° *Schéma* du rôle de l'élasticité vasculaire dans la circulation du sang.

5° *Schéma* du rôle de l'élasticité des muscles dans la contraction.

Plus loin, l'auteur, remontant à l'origine de la plupart des mouvements qui se passent chez les êtres vivants, cherche à déterminer la nature de l'action musculaire.

Après avoir développé les idées émises dans les publications XXXIX, XLI, XLII, sur la complexité de la contraction, il cherche comment chacun des agents qui modifient la fonction du muscle : chaleur, froid, augmentation ou diminution du cours du sang, poisons, etc., agit sur la secousse musculaire. Il trouve que tous ces agents modifient la secousse de la manière que la théorie eût pu faire prévoir à l'avance.

Comme le but des recherches de physiologie est, en définitive, d'éclairer la médecine, l'auteur s'est préoccupé de rendre applicables à l'homme les appareils qui fournissaient l'indication précise des différentes variétés de l'acte musculaire. A cet effet, il a construit un appareil qui traduit graphiquement, soit les secousses, soit les contractions des muscles humains.

Le gonflement transversal d'un muscle étant toujours proportionnel à son changement de longueur, on saisit le muscle que l'on veut explorer entre les branches d'un appareil, la *pince myographique*, qui transmet fidèlement à l'enregistreur la forme du mouvement exécuté par le muscle. Les expériences faites sur l'homme concordent avec celles qui ont été faites sur les autres mammifères. La figure 24, pl. III, représente l'établissement d'un régime régulier de secousses musculaires chez l'homme.

Il est vraisemblable que les troubles de la motricité chez l'homme malade s'éclaireront beaucoup lorsque ces procédés seront transportés dans l'étude clinique, et que les applications de la méthode à la fonction de motricité ne seront pas moins fructueuses que celles qui ont déjà été faites sur la fonction circulatoire.

L'élasticité des muscles joue un grand rôle dans la contraction ; des expériences nouvelles ont été instituées pour la mesurer sur le muscle en repos ou en action.

Un nouvel appareil permet d'apprécier en un instant les phases de l'allongement d'un muscle sous des charges régulièrement croissantes.

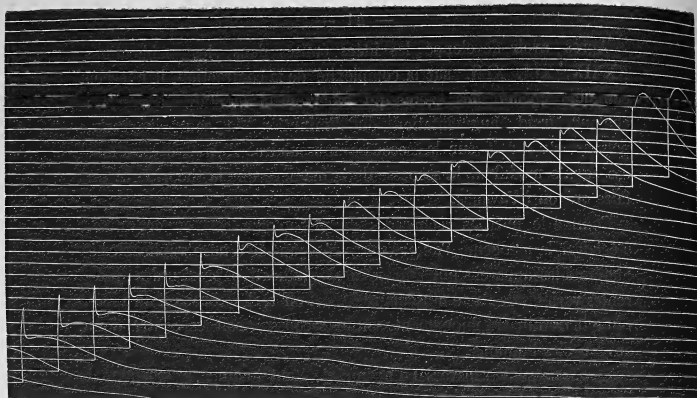


FIG. 21. — Modifications graduelles de la secousse musculaire sur une *grenouille* empoisonnée par la *vératrine*. En bas et à gauche de la figure est une secousse qui a légèrement subi l'influence du poison. Cette influence se prononce de plus en plus dans la série qui s'échelonne de gauche à droite.

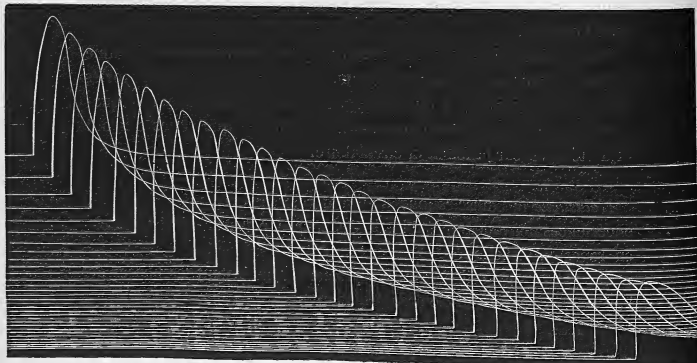


FIG. 22. — Modifications d'amplitude et de forme que subit la secousse d'un muscle soumis à des charges graduellement croissantes.

Il montre que le muscle actif est plus extensible que le muscle au repos sous la charge de plusieurs poids additionnels, tandis que sous une plus forte charge, c'est l'inverse qui se produit.

Études sur les caractères de la secousse ou mouvement élémentaire provoqué par une seule excitation du nerf.

Les expériences instituées sur ce sujet ont démontré les points suivants :

1° L'amplitude du mouvement produit croît avec l'intensité de l'excitant employé jusqu'à une certaine limite.

2° La fatigue du muscle prolonge le mouvement, mais en diminue l'amplitude.

3° La ligature de l'artère afférente du muscle produit des effets très-analogues à ceux de la fatigue. Pl. IV, fig. 27.

4° Le froid allonge énormément la durée des secousses musculaires, mais cet effet n'est que temporaire. Pl. IV, fig. 25.

5° La chaleur abrège la secousse en lui donnant plus d'amplitude, mais à un certain degré elle produit les coagulations des éléments liquides du muscle et éteint la secousse. Pl. IV, fig. 26.

6° La charge à laquelle un muscle est soumis augmente d'abord, puis diminue graduellement l'amplitude de la secousse. Pl. II, fig. 22.

7° Un obstacle absolu au raccourcissement d'un muscle prolonge la tendance au raccourcissement de ce muscle.

8° Un muscle directement excité par un courant induit se raccourcit d'autant plus que la portion du muscle placée entre les deux extrémités du fil métallique excitateur est plus longue. Pl. IV, fig. 28.

Les différents *poisons* qui ont une action spéciale sur les nerfs et sur les muscles sont étudiés par la méthode graphique. On trouve pour dif-

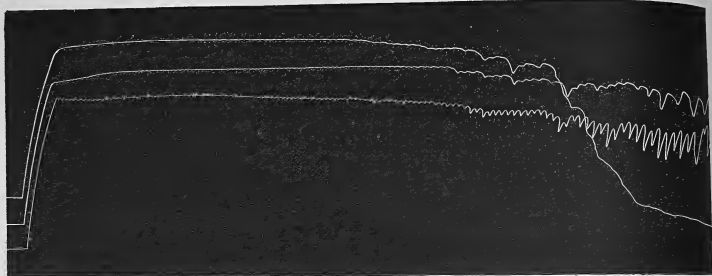


FIG. 23. — Muscles de la *grenouille*. Graphique de trois accès de tétanos provoqués par la strychnine. On y voit les secousses incomplètement fusionnées dans le premier graphique (l'inférieur), où elles se traduisent par de fortes ondulations de la courbe. Ces secousses se fusionnent plus complètement dans les deux autres graphiques, la vibration n'y est visible qu'à la fin du tracé, à l'instant qui précède le relâchement du muscle.

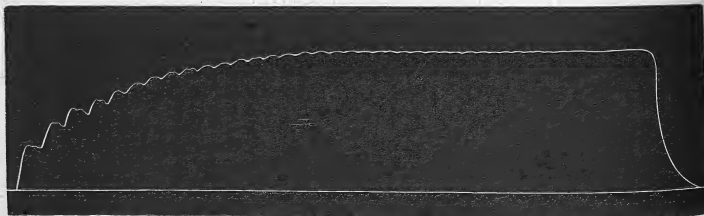


FIG. 24. — Muscles de l'*homme*. Etablissement d'un régime régulier de secousses sous l'influence d'excitations électriques équi-distantes. Fusion des secousses par la fatigue. — Ce tracé est obtenu au moyen de la *pince myographique*.

férents poisons des caractères qui pourraient servir de *réactif physiologique* au point de vue médico-légal, pour la recherche des petites quantités d'un poison organique.

La *vératrine*, pl. II, fig. 24; la *strychnine*, le *curare*, la *digitaline*, la *picROTOXINE*, donnent un caractère spécial au mouvement provoqué, dans un muscle de grenouille, par une excitation électrique du nerf moteur qui l'anime.

On peut démontrer que le tétanos produit par la *strychnine* se compose de secousses multiples, ainsi que la théorie le faisait prévoir. Ces secousses sont visibles sur le graphique obtenu dans les expériences de l'auteur.

Détermination de la vitesse de l'agent nerveux sensitif et de la durée nécessaire à la production des mouvements réflexes.

Théorie de la contraction des muscles soumis à la volonté.

Vérification de l'opinion d'Aeby, qui admet que chaque raccourcissement d'un muscle est produit par l'apparition d'une *onde* qui se produit sur les fibres musculaires et chemine d'un bout à l'autre de ces fibres.

Nouvelle démonstration de l'existence de cette onde; mesure de la vitesse de son transport.

Preuve de l'existence de plusieurs ondes à la fois dans un muscle tétanisé.

XIV. — *Des phénomènes intimes de la contraction musculaire.*

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, 27 janvier 1868.)

Complément d'explications sur le mécanisme par lequel les secousses se fusionnent dans la contraction musculaire.

Démonstration de ce fait que l'élasticité d'une fibre change en raison

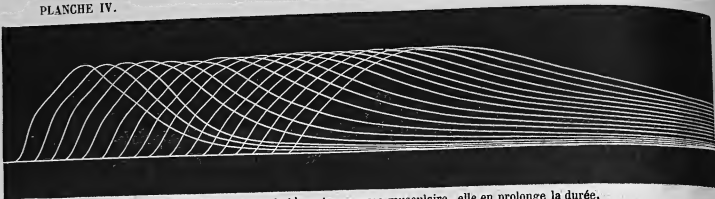


FIG. 25. — Influence du froid sur la secousse musculaire, elle en prolonge la durée.

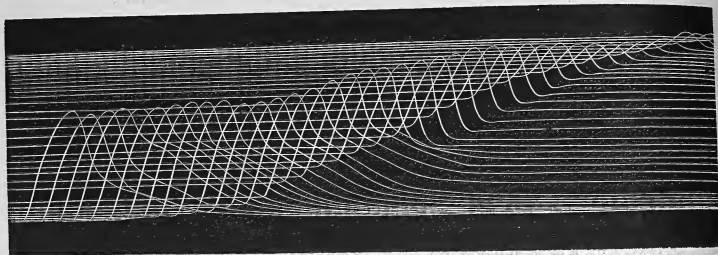


FIG. 26. — Influence de la chaleur sur la secousse musculaire à un degré peu élevé (au-dessous de 30° centigr.), elle augmente l'amplitude et diminue la durée de ce mouvement. La chaleur à un degré plus élevé, elle coagule la myosine et éteint la contractilité du muscle.

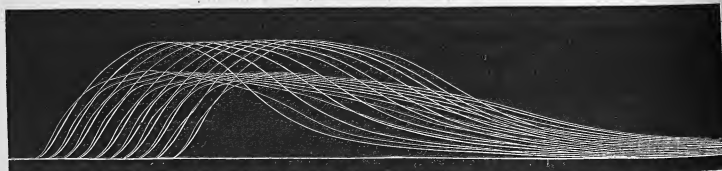


FIG. 27. — Influence de la ligature artérielle. Elle donne à la secousse moins d'amplitude et de durée. (Tracé comparatif du mouvement dans les deux pattes d'une grenouille, l'artère de l'une des pattes est liée.)

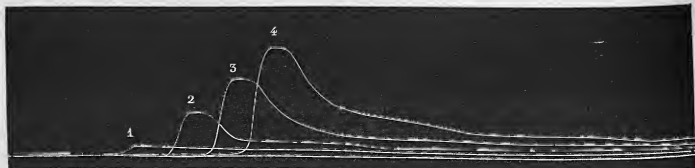


FIG. 28. — Amplitude du mouvement provoquée lorsqu'on excite directement le muscle en faisant passer le courant par des pattes plus ou moins longues. — 1. faible longueur du muscle excité; 2, longueur plus grande, etc.

du nombre d'ondes formées sur sa longueur. (L'extensibilité de cette fibre croît avec ce nombre d'ondes.)

Interprétation de la fusion de plus en plus complète des secousses de fréquence croissante par les changements de l'extensibilité du muscle.

XLVI. — *Du rôle de l'élasticité des muscles dans la contraction.*

(*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, n° 10, p. 293, 1868. Note présentée par M. Delaunay.)

La conclusion de cette note est que l'élasticité des muscles permet aux forces de très-courte durée, engendrées par la formation de chaque onde musculaire, de se transformer en travail et que, sans cette élasticité, les mêmes forces se détruiraient dans des *chocs*.

Une expérience schématique montre, à l'appui de cette théorie, qu'une force vive appliquée directement à soulever une masse ne la met pas en mouvement, tandis que le soulèvement se produit si cette même force est appliquée par l'intermédiaire d'un ressort élastique.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE (1).

- ANSTIE. — Sphygmography of the pulse in very mild uncomplicated pleuro-pneumonia (Westminster Hospital) (*The Lancet*, 1867). — *Le même*. The sphygmograph in English medical practice. (*The Lancet*, 1866, p. 671.)
- ALVARENGA. — Pulmonite aguda do lado directo ; Trabado do pulso no segundo e no terceiro graus ; autopsi. (*Gazeta medica de Lisboa*, 28 janeiro 1865.)
- DE BARREL DE PONTEVÈS. — Des nerfs vasomoteurs et de la circulation capillaire. Thèse de Paris, 1864, n° 132.
- BÉCLARD. — *Bulletins de l'Académie de médecine de Paris*, t. XV, 1865, et *Traité de physiologie*. Paris, 1865, *passim*.
- BERKELEY HILL. — A new pad for the sphygmograph (*The Lancet*, 1866).
- BERNARD (Cl.). — Conférence faite à la Sorbonne et publiée dans les *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*, 1866.
- BERNE et DELORE. — Influence de la physiologie moderne sur les sciences médicales. Paris, in-8, 1864.
- BERT. — Article CHALEUR ANIMALE (*Dict. de méd et chir. prat.*).
- BESNIER. — Recherches sur la nosographie et le traitement du choléra épidémique. Thèse de doctorat en médecine. Paris, 1867.
- BORDIER. — Sur l'action de la digitale. (*Bulletin de thérapeutique*, 1868, 15 fév.)
1862. BROCA. — Emploi du sphygmographe dans l'étude des tumeurs anévrysmales (*Gaz. des hôp.*, 1862).
- BRONDGEEST. — Over pathologische Veranderingen der Arteria pulmonalis an van hare Klapprliezen. Utrecht, 1866. — *Le même*. Beiträge zur Kenntniss des Arterienpulses.

(1) Dans cette liste ne sont pas mentionnés les comptes rendus ou analyses des travaux de l'auteur, mais seulement des traités scientifiques dans lesquels ses idées sont acceptées ou des travaux originaux entrepris à l'aide de sa méthode.

- BUISSON. — Quelques recherches sur la circulation du sang, à l'aide des appareils enregistreurs. Thèse de doctorat en médecine. Paris, 1862.
- CORNIL. — Du pouls dans l'hydrothorax, avant et après la ponction. (*Mémoires de la Société de biologie*, 1864, p. 148.)
- COUSIN. — Essai sur le sphygmographe et sur ses applications cliniques. Thèse ; Strasbourg, n° 773, avec 78 figures.
- CZERMAK. — Sphygmische Studien ; Mittheilungen aus dem Privat Laboratorium, in Prag, I Heft, 1864.
- DEHÉRAIN (Annuaire de). — De la circulation du sang et des travaux du docteur Marey. 1864.
- DONDERS. — Contrôle du cardiographe (*Bulletins de la Société de Harlem*, 1867).
- DUCHECK. — Untersuchungen über den Arterienpuls. (*Oester. medicinisch. Jahrbücher*, 1862, 4^e Heft, S. 49-72.)
- DUPUY. — Rapports généraux des mécanismes circulatoire et respiratoire. (*Gaz. méd. de Paris*, 1867.)
- FICK. — Die medicinische Physik. Drittes Kapitel, Wellenzeichner, Marey's Sphygmograph. Braunschweig, 1866.
- FLINT. — The Physiology of Man, art. *Circulation*. New-York, 1866.
- FÉRAND. — De l'action thérapeutique de la digitale (*Bulletins de thérapeutique*). 1865.
- FOSTER (Balthazar). — On the application of the Graphical Methode to the Study of the diseases of the Heart and great Vessels (*Medical Times et Gazette*, London, saturday, sept. 29, 1866). — *Le même*. On the Use of the Sphygmograph, in the investigation of disease. 1866. — *Le même*. On the Application of the Graphical Methode to the Study of the diseases of the Heart and Great Vessels (*Medical Times et Gazette*. London, 8 Dec. 1866 ; 20 April 1867). — *Le même*. On two Cases of Injury of the Aortic Valves from Muscular Exertion (*Medical Press and Circular*. London, 19 Dec. 1866. — *Le même*. The Sphygmograph in English medical practice. (*The Lancet*, 1866, p. 634.)
- FRIEDREICH. — Ueber den Venenpuls. (*Deutsches Arch. für Klin. Med.*, I Band.) 1865.
- GAVARRET. — Rapport à la Faculté de médecine sur le sphygmographe de M. Marey. — Rapport à l'Académie de médecine sur le Mémoire de MM. Chau-

- veau et Marey, sur les expériences cardiographiques (*Bulletins de l'Académie*, t. XXVIII, p. 602 et suiv.).
- GIRAUD-TEULON. — Réflexion sur un article relatif à l'élasticité artérielle (*Gaz. méd.*, 12 mars, p. 171-173) 1858.
- GRIMSHAW. — Sphygmographic Observations on the Pulse of Typhus (*The Lancet*, 1867).
- GUYON. — Note sur l'arrêt de la circulation carotidienne pendant l'effort prolongé. (*Arch. de physiol.*, 1868, p. 56.)
- HAWKSLEY. — The Sphygmograph (*The Lancet*, 1867).
- HAYNES WALTON; Ste-Mary's hospital. — Examination by the Sphygmograph in a case of axillary aneurisma (*The Lancet*, 1866, p. 176).
- HELMHOLTZ und BAXT. — Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den motorischen Nerven des Menschen (*Acad. der Wissenschaften zu Berlin*, 29 April 1867).
- KOSCHLAKOFF, Saint-Petersbourg. — Untersuchungen über den Puls mit Hülfe der Marey's Sphygmographen. (*Virchow's, Arch. für path. Anat. und Phys. und für klin. Med.*, Band XXX, Heft 1 u. 2, p. 149-176, mit zwei Tafeln). 1864.
- LANDAIS. — *Journal de clinique hebdomadaire de Berlin*, 22 août 1864.
- LEFORT. — Article ANÉVRYSME (*Dict. de méd. et de chir. prat.*).
- LIOUVILLE ET VOISIN. — Recherches et expériences sur les propriétés physiologiques et thérapeutiques du curare. (*Journal de l'anatomie et de la physiologie*, 1867, p. 113).
- LONGET. — *Traité de physiologie*, passim.
- LORAIN. — Article CARDIOGRAPHIE (*Dict. de méd. et de chir. prat.*, 1867). — *Le même*. Le choléra observé à l'hôpital Saint-Antoine. Paris, 1867. — *Le même*. Article ANÉMIE. (*Dict. de méd. et chir. prat.*). — *Le même*. Article CHLOROSE. (*Ibid.*)
- LUTON. — Article AUSCULTATION (*Dict. prat. de méd.*). — *Le même*. Article CIRCULATION (*Dict. de méd. et de chir.*).
- MAILLIOT. — Discussion sur les mouvements du cœur, à l'Académie de médecine. Paris, J.-B. Baillière, 1815.
- MACH. — Zur Theorie des Pulswellenzeichner (*Kais. Akademie der Wissenschaften*, XLVI Band., p. 157-174, 2 planches.)

- MANTEGAZZA. — Della Azione del dolore sulla Calorificazione e sul moti del cuore. Ricerche sperimentali (*Gazzetta medica Italiana Lombardia*, série V, t. V). 1866.
- MEISSNER. — Jahresbericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie, von Henle und Meissner, 1859, p. 537.
- MILNE EDWARDS. — Rapport sur deux mémoires de MM. Chauveau et Marey, relatifs à l'étude des mouvements du cœur à l'aide d'un appareil enregistreur (*Comptes rendus*, t. LIV, 1862, p. 399-404).
- MONOYER. — Applications des sciences physiques aux théories de la circulation. Thèse de concours. Strasbourg, 1863.
- MORENO Y MAÍZ. — Recherches chimiques et physiologiques sur l'*Erythroxyllum coca*. Paris, 1868.
- NAUMANN. — *Journal pour la médecine rationnelle*, t. XVIII. 1862.
- ONIMUS et VIRY. — Étude critique des tracés obtenus avec le cardiographe et le sphygmographe (*Journal de l'anatomie et de la physiologie*, n^{os} 1 et 2, 1866).
- PAUL. — Étude sur l'action de la digitale (*Société de thérapeutique*, 21 fév. 1868).
- POTAIN. — Note sur les dédoublements anormaux des bruits du cœur (*Union médicale*, 1866, n^o 97, 100, 104, 114, 115, avec 18 figures). — *Le même* Des battements et des bruits qu'on observe dans les veines jugulaires (*Soc. méd. des hôpitaux*, 1867.)
- PROMPT. — Recherches sur les variations physiologiques de la fréquence du pouls (*Arch. génér. de méd.*, 1867).
- PRÉVOST. — Recherches expérimentales relatives à l'action de la vératrine (*Gazette médicale de Paris*, 1866).
- RAYNAUD. — Article MALADIES DES ARTÈRES (*Dict. de méd. et de chir. prat.*).
- RAYER. — Rapport à l'Institut sur le sphygmographe du docteur Marey.
- W. RIVES. — De Sphygmograaf en de Sphygmographische Curve. Thèse de doctorat en médecine. Utrecht, 1866.
- SANDERSON. — Manuel de sphygmographie. Edimbourg, 1867. — *Le même*. On the Application of Physical Methode to the Exploration of the movements of the Heart and Pulse in disease. (*The Lancet*, 1866, p. 507-688.)
- VALENTIN. — Analyse du travail de Duchek. Réflexions personnelles (*Constat's Jahrb.*, 1862, p. 119).
- K. VIERORDT. — Die Anforderungen an den Sphygmographen (*Arch. d. Heilkunde*, IV, p. 513-521). — *Le même*. Physiol. des Menschen, p. 98.

VIVENOT. — Influence des changements de la pression atmosphérique sur l'organisme humain (*Arch. für pathologische Anat. und Physiol.*, 1864, p. 492).

WOLFF. — *Arch. de therap.*, 1863. — *Le même*. Charakteristik des Arterienpulses. Leipzig, 1865, mit 241 Abbildungen. — *Le même*. Beobachtungen über den Puls bei Geistkranken. 1867.

WUNDERLICH. — Ueber den Sphygmograph von Dr. Marey (*Wagner's Arch. der Heilkunde*, 1861, Band. II, S. 94).